サイリスタレオナード実験装置

MG-DD-221P [2.2kW 直流電動機×2kW 直流発電機
＋サイリスタコンバータ＋実験装置盤]

取扱説明書

お願い
この取扱説明書は、実際に御使用になられる方のお手元にも必ず届くよう、お取り計らい下さい。

株式会社 精工社製作所

1.もくじ

2.安全上の御注意

据付、運転、保守、点検の前に必ずこの取扱説明書とその他の付属書類をすべてについて熟読し、正しく御使用ください。機器の知識、安全の情報、そして注意事項の全てについて習熟してから御使用ください。

この取扱説明書では、安全注意事項のランクを「高度の危険」、「危険」、「注意」として区分してあります。


高度の危険

取扱を誤った場合に、極度に危険な状況が起こりえて、死亡又は重傷を受ける可能性が想定される場合。


危　険

取扱を誤った場合に、危険な状況が起こりえて、死亡又は重傷を受ける可能性が想定される場合。


注　意

取扱を誤った場合に、危険な状況が起こりえて、中程度の傷害や軽傷を受ける可能性が想定される場合及び物的損害のみの発生が想定される場合。



に記載した事項でも、状況によっては重大な結果に結びつく可能性があります。
いずれも重要な内容を記載しておりますので、必ず守って下さい。

2.安全上の御注意



危　険

- 危険な為、運搬したり据え付ける場合は、本体の下に手や足を絶対に入れないで下さい。
- 感電の危険がある為、配線工事をする場合は電源を必ず切り、確認の後に工事を行って下さい。
- 火災の危険がある為、水滴の掛かった状態での運転は絶対にしないで下さい。
- 感電の危険がある為、濡れた手での操作は絶対にしないで下さい。
- 感電の危険がある為、電気回路、器具等の保守点検を行う場合は電源を「OFF」にして行って下さい。
- クラッチカップリングを入り・切りする場合は、回転が完全に停止している事を確認の上行って下さい。

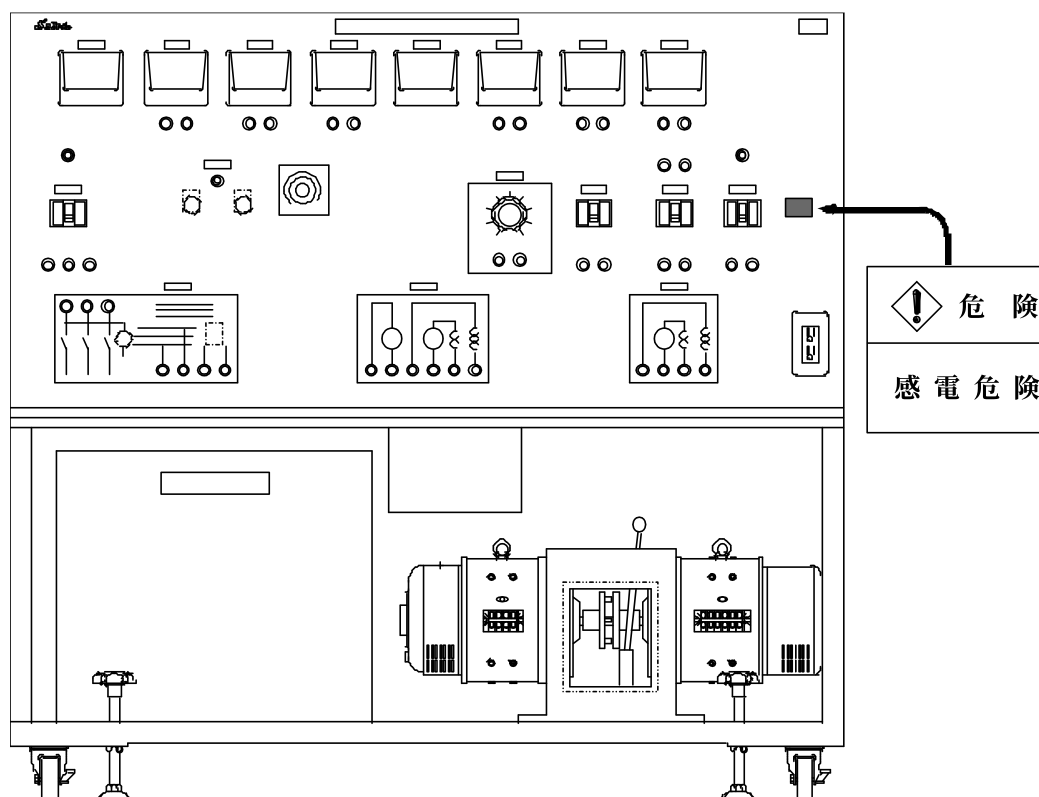


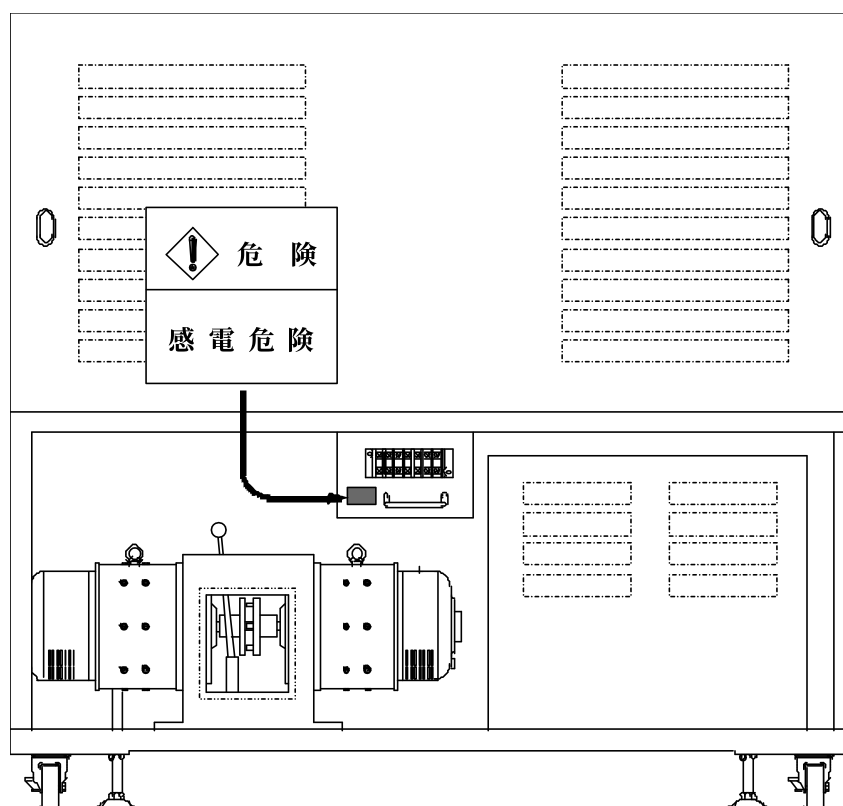
注　意

- 感電を防ぐ為、アース端子を接地して下さい。
- 本器への損傷を防ぐ為、抵抗器又は変圧器のタップ位置は正当な理由のない限り変更しないで下さい。
- 転倒の恐れがある為、キャスタ付機器の上に乗らないで下さい。
- 正当な理由のない限り分解、組立は行わないで下さい。
- 安全を確保する為、警告ラベルが剥がれたり汚損した場合は新しい物と取り換えて下さい。

3.警告ラベル貼付位置

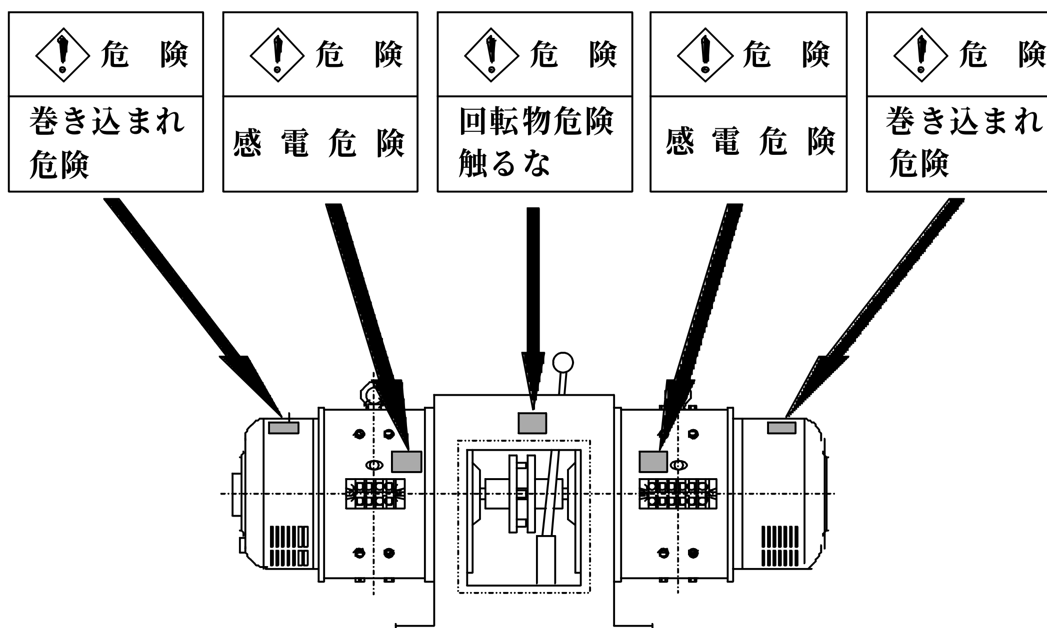
図中の ▒ は警告ラベルを表します。





3.警告ラベル貼付位置

図中の [ ] は警告ラベルを表します。



□　警告ラベル（巻き込まれ危険）は防滴板上部に貼り付け。

□　警告ラベル（感電危険）は端子台上方に貼り付け。

□　警告ラベル（回転物危険触るな）は直結枠上部の前後に貼り付け。

4.定格仕様

■　電動発電機

形式	MG-DD-221P	
	電動機	発電機
機種	直流	直流
容量	2.2 kW	
極数	4 P	4 P
回転速度	1500/1800 min^{-1}	1500/1800 min^{-1}
電圧	100 V	100 V
電流	27 A	20 A
巻線方式	分巻	分巻
周波数	—	—
相数	—	—
時間定格	連続	連続
枠番号	SS-1.5D	SS-1.5D

■　サイリスタコンバータ

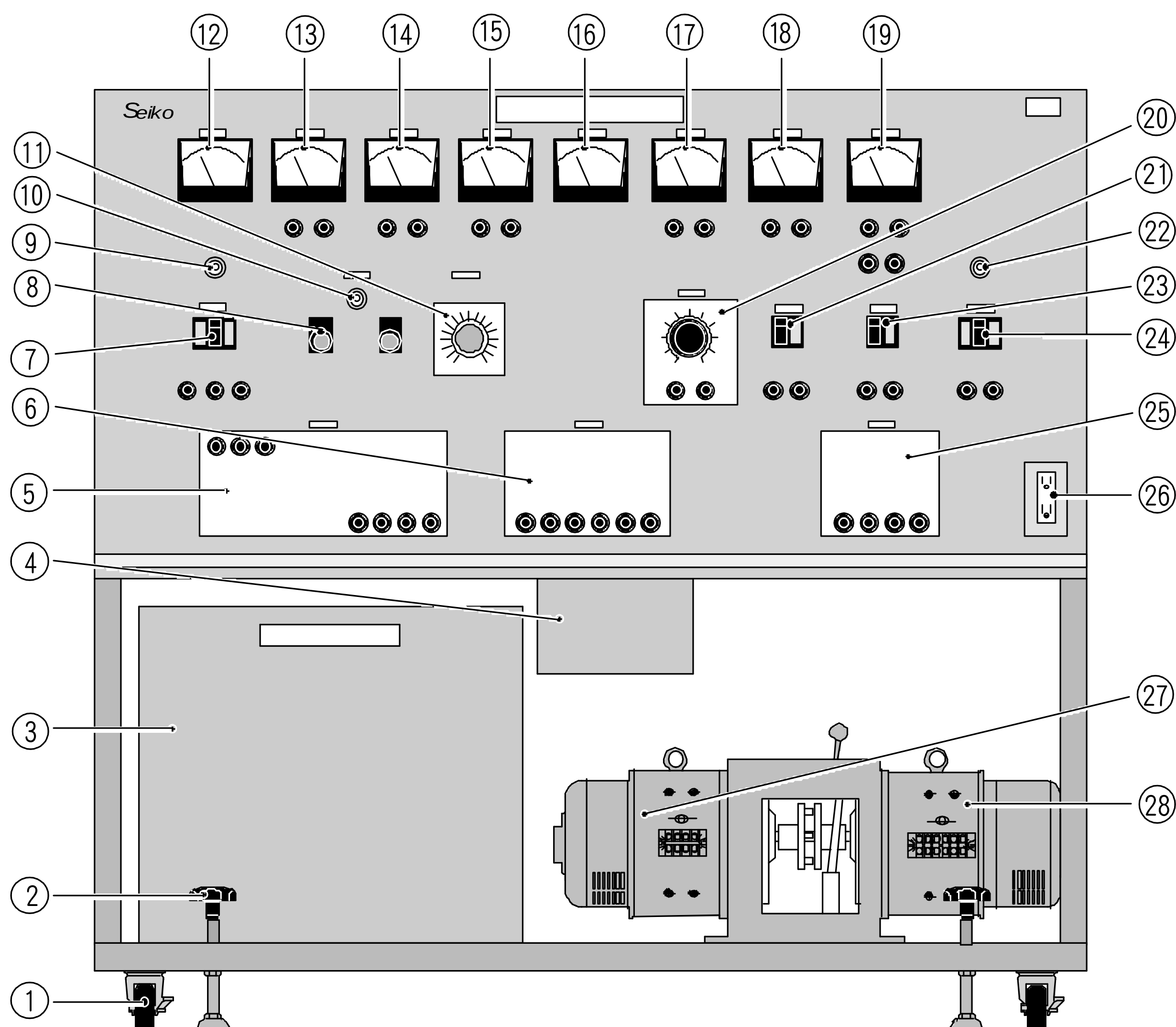
容量	3 kW
入力相数	3 φ
入力電圧	200/220 V
入力周波数	50/60 Hz
出力	直流
出力電圧	0～120 V
出力電流	30 A

4.定格仕様

■　実験装置盤

機器名		MG-DD-221P
三相 200V 電源電圧計		AC 0～300V
電動機入力電圧計		DC 0～150V
電動機入力電流計		DC 0～40A
電動機界磁電流計		DC 0～2A
回転速度計		0～2500rpm
発電機出力電圧計		DC 0～150V
発電機出力電圧計		DC 0～30A
発電機界磁電流計		DC 0～3A
三相 200V 電源遮断器		30AF/20AT　3P
単相 100V 電源遮断器		30AF/10AT　2P
発電機界磁電源遮断器		30AF/3AT　2P
負荷遮断器		30AF/30AT　2P
三相 200V 電源表示灯		AC 200V　LED
単相 100V 電源表示灯		AC 100V　LED
コンバータ運転表示灯		AC 200V　LED
コンバータ ON/OFF スイッチ		φ25　2 個
速度調整器		2kΩ　1W　スイッチ付
発電機用界磁調整器		200W　150Ω　A
単相 100V コンセント		接地付ダブルコンセント
ディスプレイ		サイリスタコンバータ
		直流分巻電動機
		直流分巻発電機
電源端子台		600V　50A 定格
キャスタ		φ75　ストッパー付　4 個
ストッパー		前面操作　2 個
寸法	W	1600 mm
	H	1500 mm
	D	700 mm
全体質量（約）		450 kg

5.実験装置機器配置



1	キャスター	11	速度調整器	21	発電機界磁電源遮断器
2	ストッパー	12	電圧計（三相 200V）	22	電源表示灯（単相 100V）
3	サイリスタコンバータ	13	電圧計（電動機入力）	23	負荷遮断器
4	電源端子台	14	電流計（電動機入力）	24	電源遮断器（単相 100V）
5	ディスプレイ(サイリスタコンバータ)	15	電流計（電動機界磁）	25	ディスプレイ（発電機）
6	ディスプレイ（電動機）	16	回転速度計	26	単相 100V コンセント
7	電源遮断器（三相 200V）	17	電圧計（発電機出力）	27	直流電動機
8	ON/OFF 押ボタンスイッチ	18	電流計（発電機出力）	28	直流発電機
9	電源表示灯（三相 200V）	19	電流計（発電機界磁）		
10	運転表示灯	20	発電機界磁調整器		

6.盤面取付機器の配線

実験装置に取り付けられている機器のほぼすべてについて既に配線が施されています、実験を行う場合は、それぞれの実験端子と各機器間を接続して行います、

三相 200V 電源

100 200 300
V
三相200V電源
ON
R S T

三相200V電源
R S T
F
WL
V
ELCB
R S T

励磁電源

励磁電源
ON
− +

サイリスタ
コンバータ
− +
MCCB
− +

単相 100V 電源

単相100V電源
ON
R T

単相100V電源
R T
F
WL
ELCB
CO
R T

負荷

− +
負 荷
ON
− +

− +
MCCB
− +

実験用接続計器

100 200 300
V

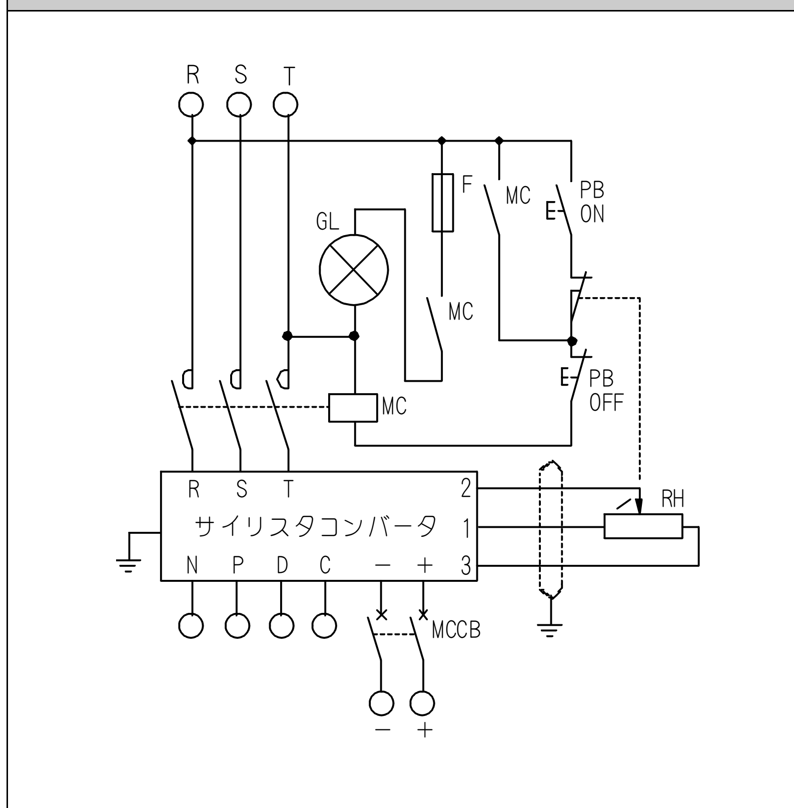
V

他の端子付き計器も同様です。

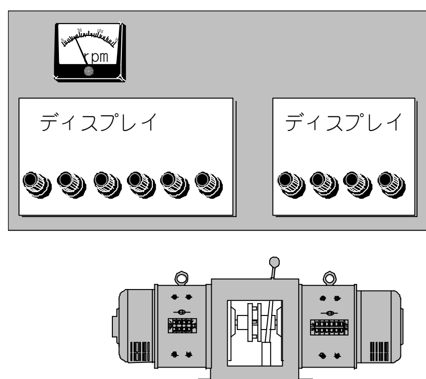
界磁調整器

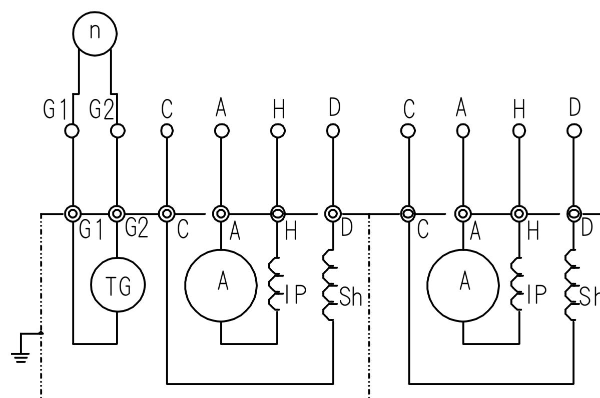
6.盤面取付機器の配線

サイリスタコンバータ



電動発電機

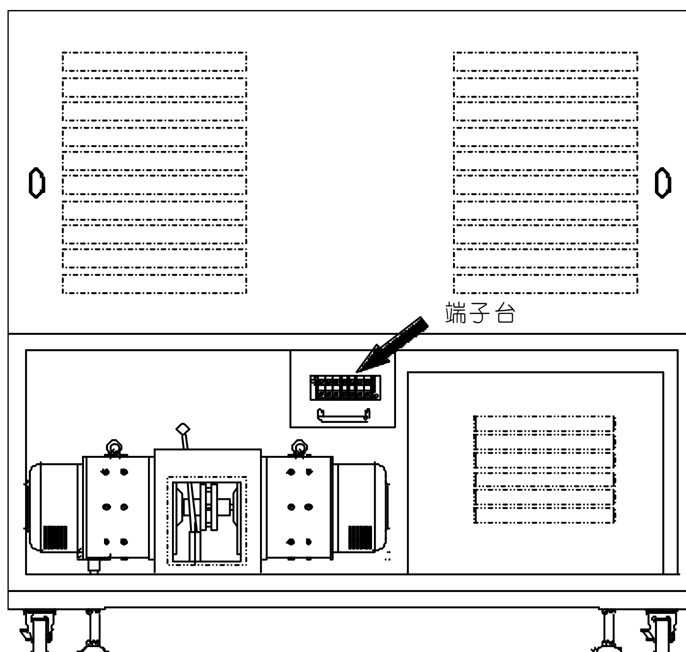




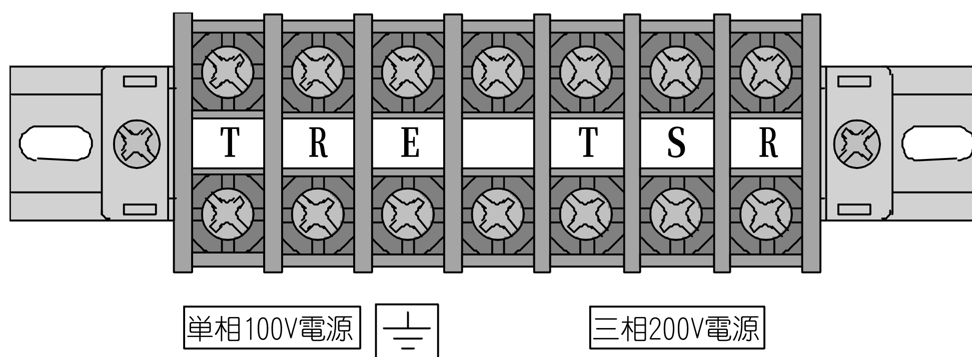
7.電源入力端子台

電源入力端子台には、三相電源（200V または 220V)、単相 100V 電源が接続できます。
それぞれの入力最大電流値は、前項 6.盤面取付機器の配線に示されているように遮断器の定格電流により決定されます。遮断器容量は、4.定格仕様[実験装置盤]に記載されています。
電源供給配線は、電流容量と配線長さによる電圧降下を考慮したサイズの電線を使用してください。
また、接地は感電事故防止のため電気設備技術基準に該当する接地を行ってください。

端子台位置（背面より見た図）



端子台配列（背面より見た図）



単相100V電源　三相200V電源

定格	
絶縁電圧	600V
適合圧着端子と最大電流	3.5mm^2 －30A 5.5mm^2 －40A 8mm^2 －50A
端子ネジ	M5×12 ± セルフアップ
締め付けトルク	2.2～2.8N・m

8.サイリスタコンバータ

一般に直流電動機は界磁調整器により速度調整を行いますが、その調整範囲は限られており、特に低い回転速度を得ることは困難です。低い回転速度から広範囲の速度制御を行うには、直流電動機の電機子電圧を 0 から順次上昇させていく電圧制御法が用いられます。
従来は、直流発電機を電源としたワードレオナード方式が用いられてきましたが、近年は高性能、高効率の運転が得られるほか、摩耗部分が少ない静止レオナード方式またはサイリスタレオナード方式と呼ばれる方法が用いられています。

図 8-1　ワードレオナード方式

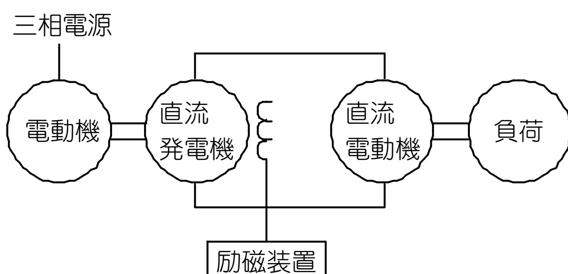
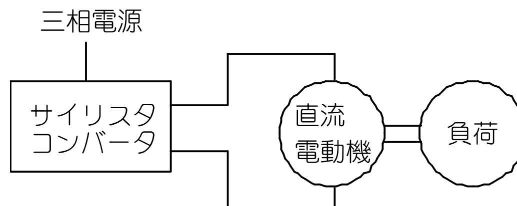


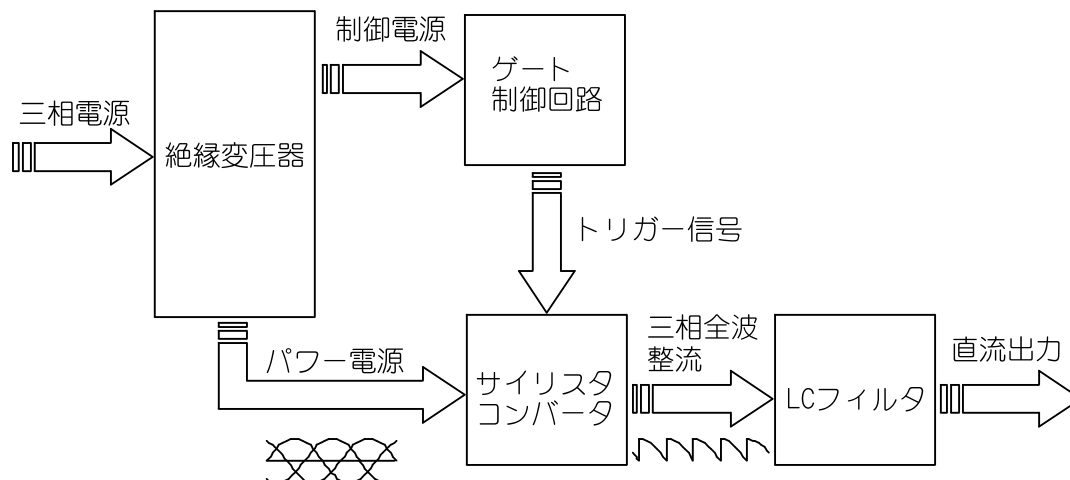
図 8-2　サイリスタレオナード方式



1．サイリスタコンバータの基本構成

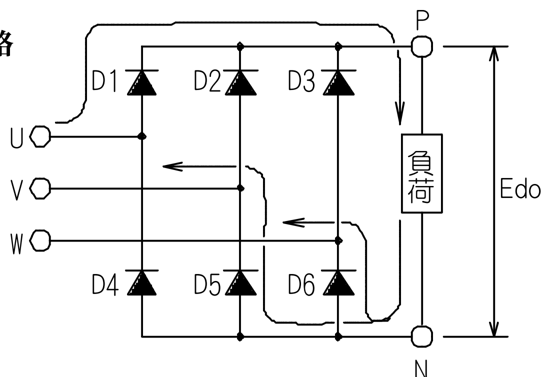
図 8-3 に示すように、変圧器で降圧された電源は、サイリスタ部で位相制御を行い、整流されて直流電動機の電機子に供給されます。

図 8-3　基本構成



2．三相整流回路の動作

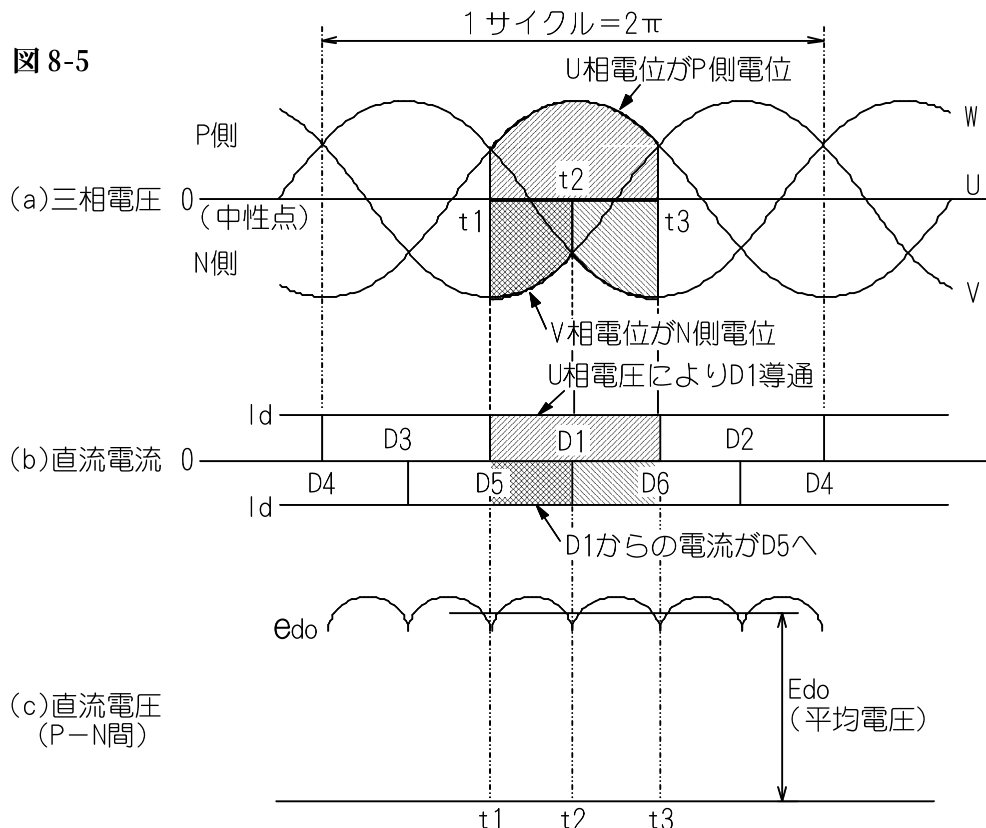
図 8-4　基本回路



8.サイリスタコンバータ

図 8-5（a）は、三相電源の中性点 0 に対する各相の電圧波形を示します。図の t1～t3 では U 相の電圧が最も高く、図 8-4 のダイオード D1 が導通して、電流は矢印で示す方向に流れます。時間 t3 を過ぎると、U 相より V 相の電圧が高くなるので、電流は D2 に転流し D1 には逆電圧がかかります。
N 側についても同様に、最もカソード側の電位の低い相に電流が流れるので、時間 t1～t2 では V 相の D5 が導通し、t2～t3 では W 相の D6 が導通することになります。
図 8-5（b）はその状態を示しています。従って各ダイオードの導通期間は、１サイクル幅の 1/3 で 120 度となり P―N 間の直流電圧は、図 8-5（c）の様になります。
この状態は、次に示すサイリスタの位相制御において、制御角α＝0（全周期導通）の状態と同じとなります。

図 8-5



３．サイリスタ位相制御の動作

サイリスタ位相制御による三相全波整流回路において、図 8-6（a）に示す様にサイリスタ 3 個、ダイオード 3 個の組み合わせによるものを、混合ブリッジ形と呼び、図 8-6（b）のサイリスタ 6 個の純ブリッジ形と区別しています。純ブリッジ形は、電圧調整範囲を広くすることができます。

図 8-6(a)

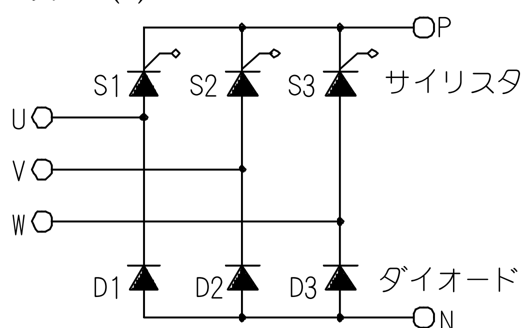


図 8-6（b）

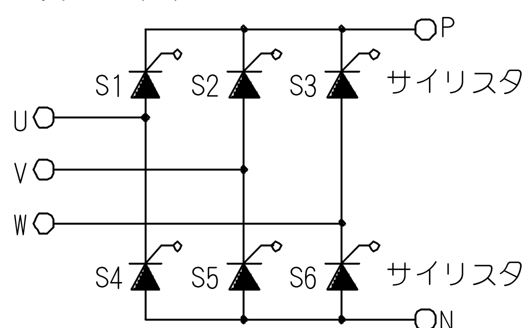
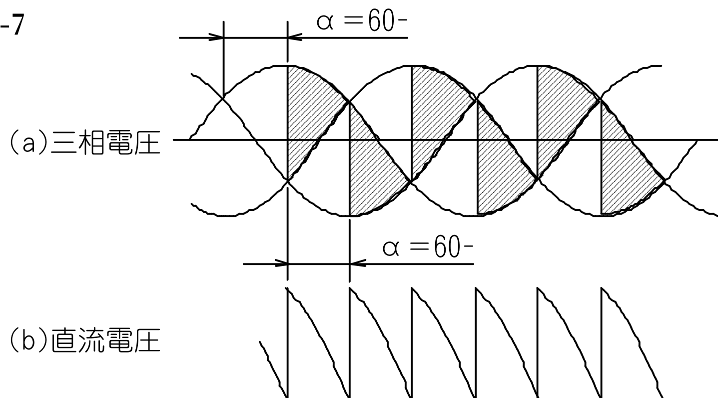


図8-7は純ブリッジ形に於いて､制御角αを変化させた場合(図は60°の例)の電圧波形を示します。サイリスタは、制御角αになる時間になって、初めて導通状態になりますが、αが増大するに従って直流電圧は下がりα＝90°で0となります。また、α＝0°のとき直流電圧は最大になります。

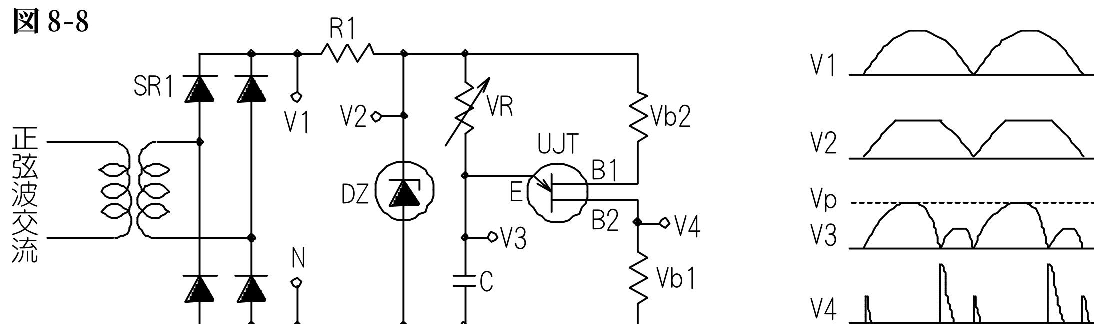
図8-7



4．ゲート制御回路

サイリスタの位相制御に最も多く用いられるゲート制御回路に、ユニジャクショントランジスタ(UJT)方式があります｡本実験装置もUJT方式を採用していますが､図8-8はその基本回路を示します。

図8-8



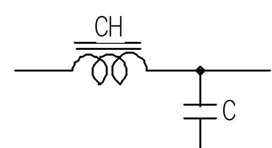
図に於いてV1は、SR1により単相全波整流された波形を示し、V2は抵抗R1と低電圧ダイオードDZにより、一定電圧以上をカットされた制御電圧を示します。V2が0Vの点で一度初期状態に戻り、電源に対して同期を取ることができます。V2の電圧が上昇するのに従って、抵抗VRを通してコンデンサCに充電され、その時定数に従ってV3の電圧が上昇し、一定の電圧Vpに達するとUJTの特性によりC1の電荷がEを通して放電し、V4にパルス電圧が発生します。

このパルス電圧は､VRを変化することにより､0Vからの電圧が異なるためコンデンサCの充電時間が変化し、サイリスタのゲートに加わる位相が変わり、サイリスタの位相制御が可能となります。
実際には抵抗Vb1の代わりにパルストランスを置きサイリスタのゲートにトリガー信号を送り位相制御を行います。

5．LCフィルター

サイリスタにより位相制御を行い整流された電圧は、脈動の激しい直流電圧となっています、このためチョークコイルCHのインダクタンスと、コンデンサCのキャパシタンスにより構成される逆L形ローパスフィルタにより平滑し、リップルの少ない直流電圧を得ます。

図8-9



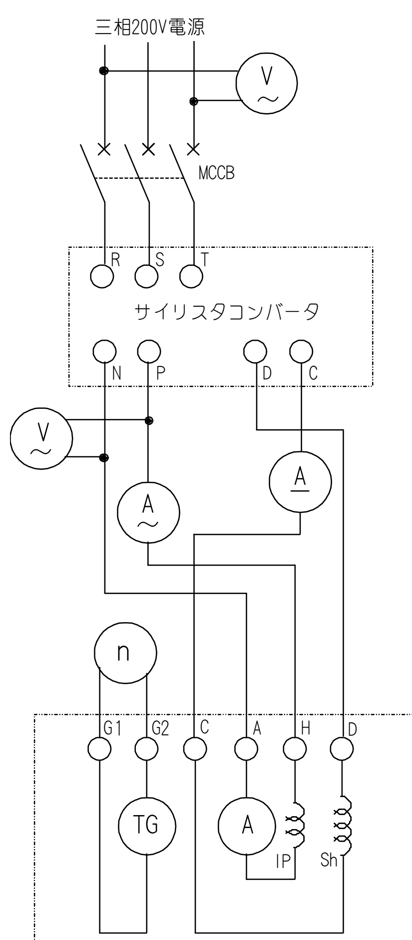
9.直流分巻電動機　[始動試験]

直流電動機の始動電流 Ia（A）は、供給電圧Ｖ（V)、逆起電力Ｅ（V)、電機子回路抵抗Ｒ（Ω）とすると次式で表されます。

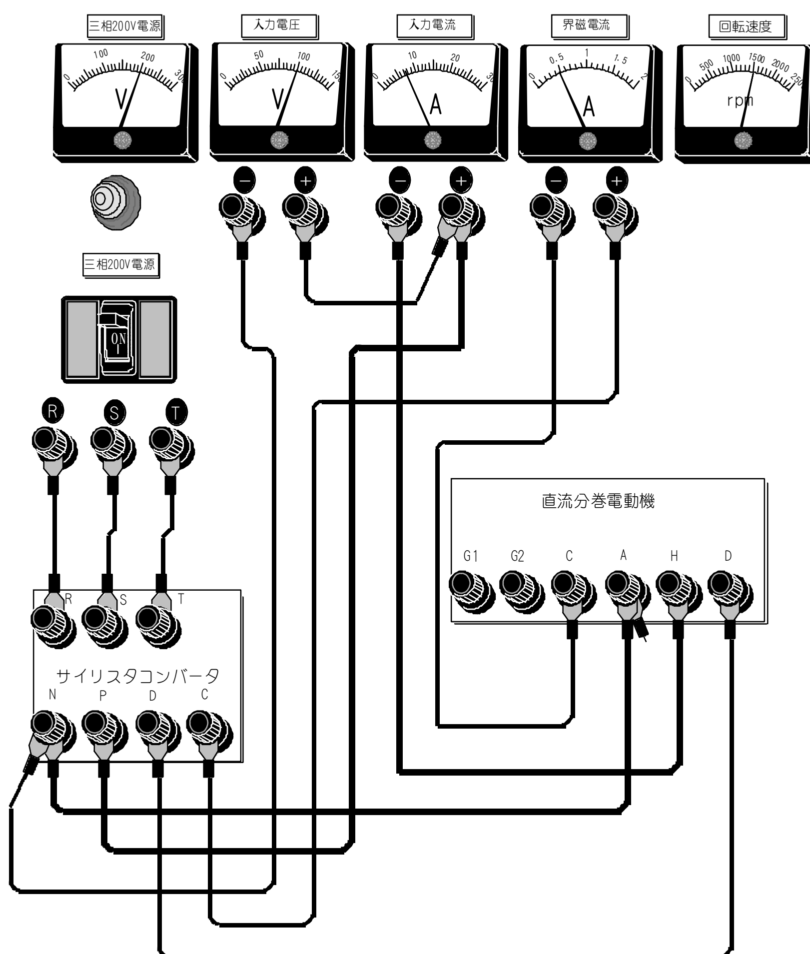
$$電機子電流\,Ia\,(A) = \frac{供給電圧\,V\,(V) - 逆起電力\,E\,(V)}{電機子回路抵抗\,R\,(\Omega)}$$

始動時においてはＥ（V）＝0 であり、Ra（Ω）はきわめて小さいため電機子回路に直接Ｖ（V）を加えると過大な電機子電流 Ia（A）が流れます。これを防ぐために、サイリスタコンバータを使用して供給電圧を 0 から除々に上昇させます。本装置では、速度調整器が左いっぱいの位置にあるスイッチが ON とならないと運転できないようになっており、必ず供給電圧を 0 から上昇させる構造になっています。

■配線図



■盤面配線図



■実験順序

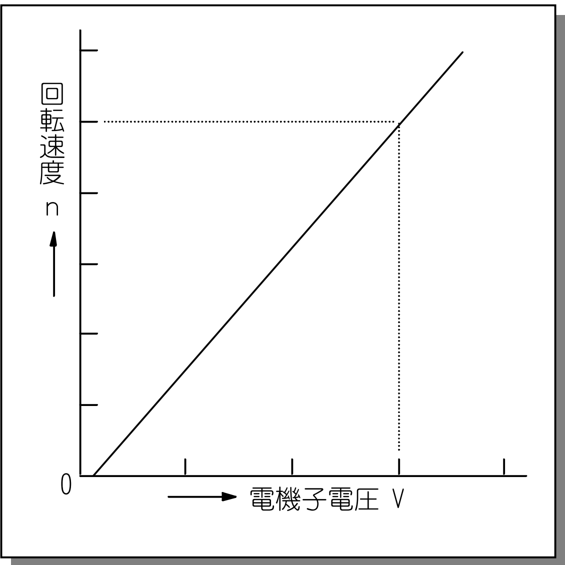
1．盤面配線図を参考にして結線します。
2．速度調整器を左いっぱいまで回します。(スイッチが ON になる位置まで回してください)
3．三相 200V 電源遮断器を投入します。
4．運転の ON ボタンを押します。電磁接触器が動作しサイリスタコンバータに給電され、運転表示灯が点灯します。
5．界磁電流計で界磁電流が流れていることを確認します。

6．速度調整器を徐々に時計方向へ回し、電機子電圧を上昇させて速度を上げます。この時、電機子電圧Ｖ（V）と回転速度ｎ（rpm）を測定し、表9-1に記録します。
7．電機子電圧が120V程度になるまで測定します。
8．速度調整器を反時計方向へ回し、速度を低下させます。
9．最低位置になったら、OFF ボタンを押してサイリスタコンバータを切ります。この時、運転表示灯が消灯します。
10. 三相200V遮断器を遮断します。
11. 表9-1から図9-1を描きます。

表9-1

回転速度 ｎ（rpm）	電機子電圧 V(V)

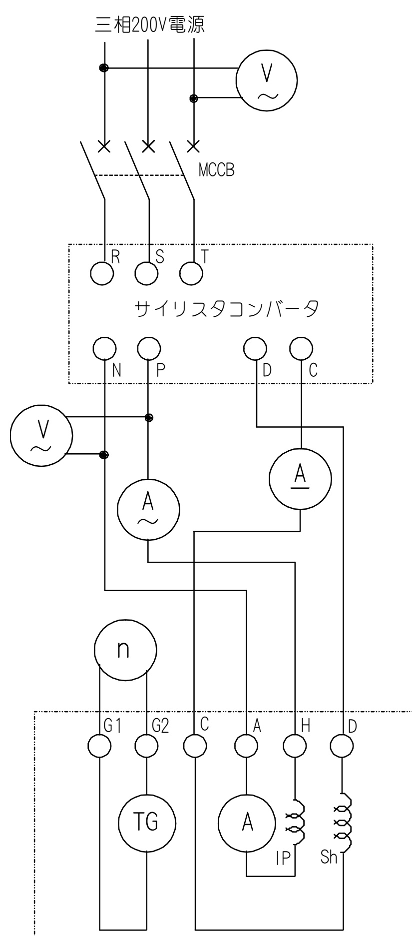
図9-1



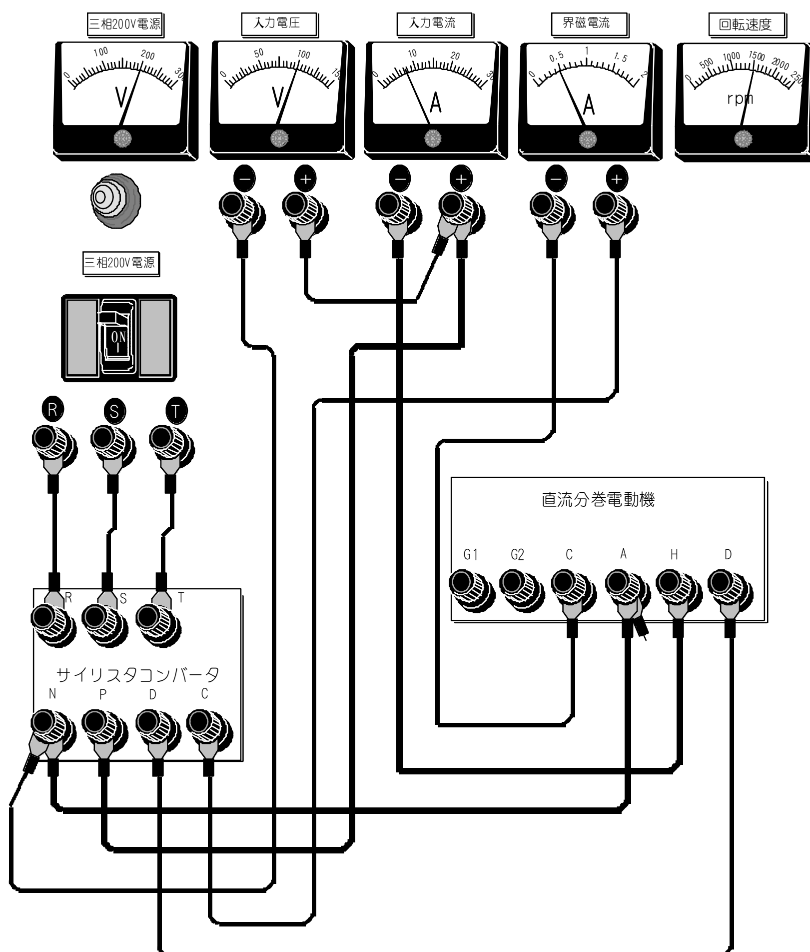
10.直流分巻電動機　[負荷試験]

サイリスタレオナードで駆動する直流電動機に負荷を掛けたときの回転速度と電機子電流の関係を調べます。直流電動機の電機子電圧を定格電圧の 40%から 120%程度まで 20%ステップで変化させ測定します。
尚、回転速度が低い場合、負荷とする直流発電機の電圧が上がらず、負荷を十分に掛けられない場合があります。また、直流発電機は回転の変化に対して安定するよう他励式としてください。

■配線図（前項の配線図と同一です）



■盤面配線図（前項の配線図と同一です）



■実験順序

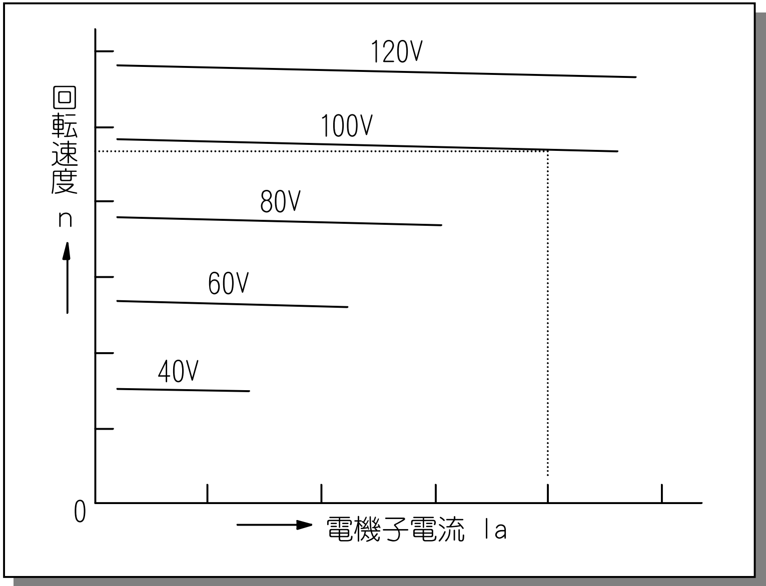
1．盤面配線図を参考にして結線します。
2．速度調整器を左いっぱいまで回します。（スイッチが ON になる位置まで回してください）
3．三相 200V 電源遮断器を投入します。
4．運転の ON ボタンを押します。電磁接触器が動作しサイリスタコンバータに給電され、運転表示灯が点灯します。
5．界磁電流計で界磁電流が流れていることを確認します。
6．速度調整器を徐々に時計方向へ回し、電機子電圧を 40V にします。
7．発電機の励磁を調整し、発電電圧を上げます。
8．発電機の負荷を除々に増加させ、その時の回転速度ｎ（rpm）および電機子電流 Ia（A）を測定し、表 10-1 に記録します。
9．20V ステップで、120V 程度まで同じ測定をします。

10. 測定が終了したら、無負荷にして停止操作を行います。
11. 表 10-1 に記録した測定記録から図 10-1 を描きます。

表 10-1

電機子電圧 V（V）	電機子電流 Ia（A）	回転速度 n（rpm）

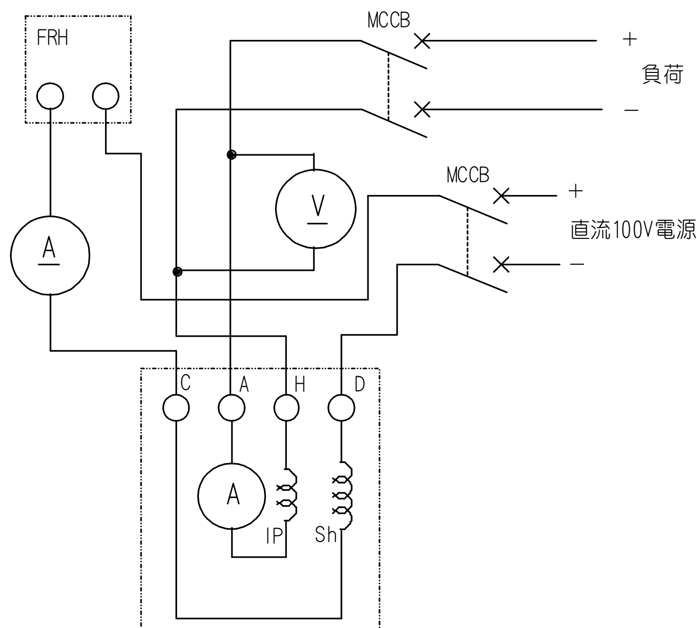
図 10-1



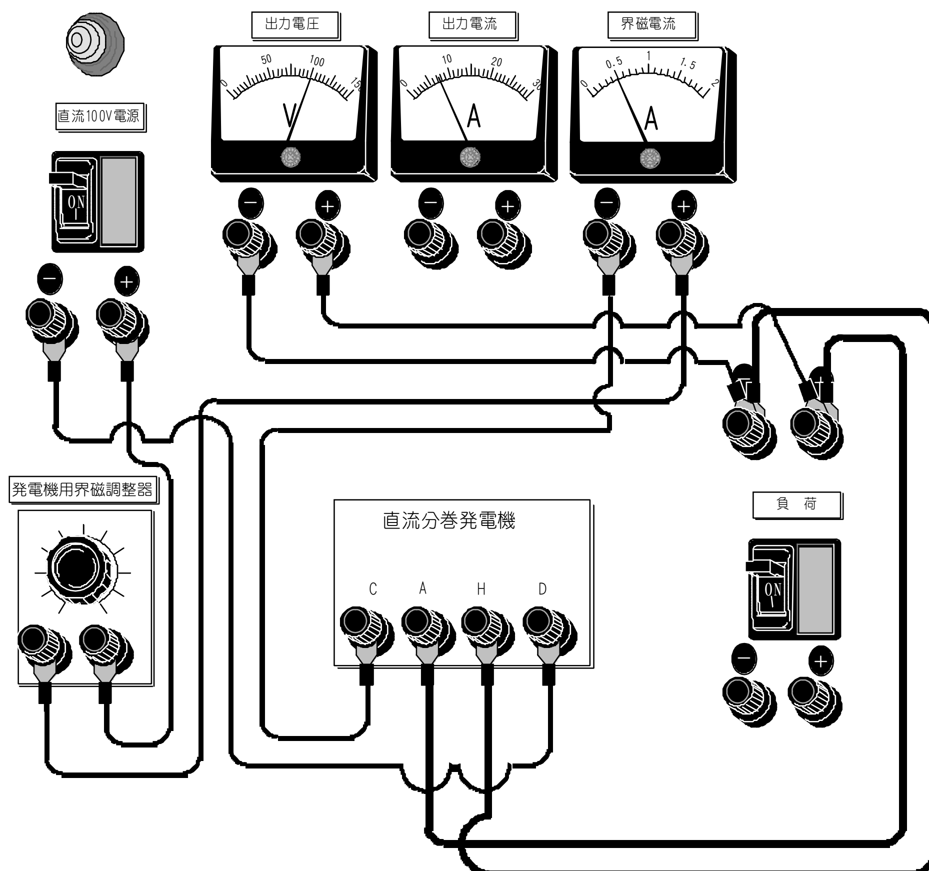
11.直流分巻発電機　[無負荷飽和特性試験(他励)]

直流発電機を他励として、一定の速度で運転し、界磁電流 If(A)を零から順次増加させると、界磁束φはほぼこれに比例する。従って誘導起電力 E(V)も比例して変化するが残留磁気および飽和現象によって界磁電流 If(A)の変化は誘導起電力 E(V)に比例しなくなります。

■配線図



■盤面配線図



11.直流分巻発電機　[無負荷飽和特性試験(他励)]

■実験順序

1．盤面配線図を参考にして結線をします。
2．界磁調整器のハンドルを抵抗最大の位置にします。
3．負荷遮断器が「OFF」になっている事を確認します。
4．電動機を始動し、定格回転速度に調整します。
5．界磁調整器を調整し、界磁電流 If(A)を順次増加させそのときの誘導起電力 E(V)を測定し、表 11-1 に記録します。
6．誘導起電力 E(V)の指示値が 130%～150%になって飽和現象が現れてきたら界磁電流 If(A)を順次
7．減少させ、同じく表 11-1 に記録します。
8．表 11-1 の記録から図 11-1 を描きます。

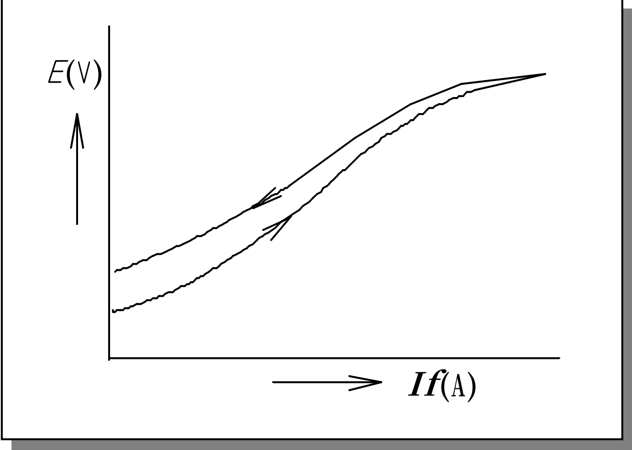
“ 注意事項 “

（1）無負荷飽和特性の試験では、界磁電流 If(A)の増加中は減少、減少中は増加させないでください。
（2）無負荷飽和特性の試験では、回転速度を一定に保ってください。

表 11-1

界磁電流 If(A)	誘導起電力 E(V)

図 11-1



12.直流分巻発電機　[自励特性試験]

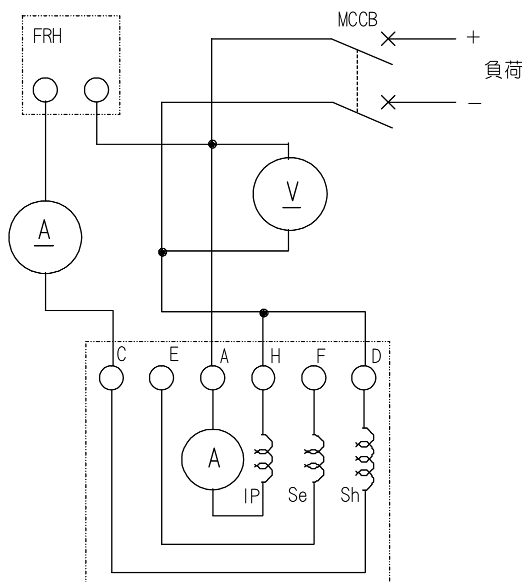
他励式と自励式の場合との界磁抵抗の調整による誘導起電力の変化を調べます。
前項の[無負荷飽和特性試験(他励)]から、界磁回路抵抗 Rf(Ω)を求めます。
（界磁回路電圧 Vf(V)は、DC100V 励磁電源電圧です。）

$$界磁回路抵抗\ Rf(\Omega) = \frac{界磁回路電圧\ Vf(V)}{界磁電流\ If(A)}$$

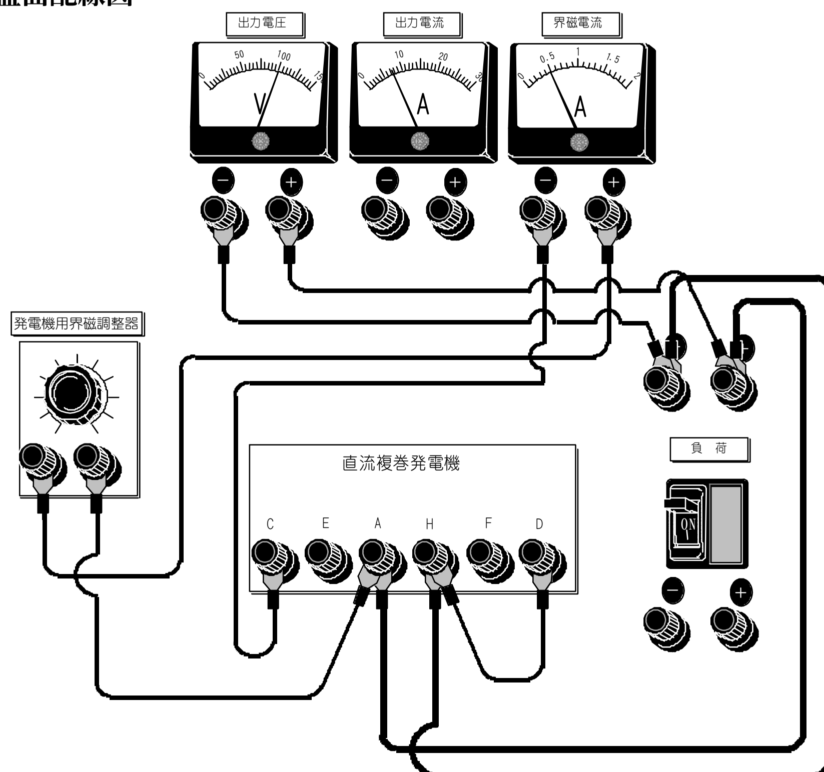
また、自励特性試験を行い、その時の界磁回路抵抗 Rf(Ω)を求めます。

$$界磁回路抵抗\ Rf(\Omega) = \frac{誘導起電力\ E(V)}{界磁電流\ If(A)}$$

■配線図



■盤面配線図



12.直流分巻発電機　[自励特性試験]

■実験順序

1．配線図を参考にして結線をします。
2．界磁調整器のハンドルを抵抗最大の位置にします。
3．負荷遮断器が「OFF」になっている事を確認します。
4．電動機を始動し、定格回転速度に調整します。(実験中は、回転速度を一定に保ってください)
5．界磁調整器を調整し、界磁電流 If(A)を順次増加させその時の誘導起電力 E(V)を測定し、表 12-1 に記録します。
6．誘導起電力 E(V)の指示値が 130%～150%になって飽和現象が現れてきたら界磁電流 If(A)を順次減少させ、同じく表 12-1 に記録します。
7．前項[無負荷飽和特性試験(他励)]で行った測定結果より表 12-2 を計算し記録します。
8．表 12-1 および表 12-2 の記録から図 13-1 を描きます。

表 12-1

自励特性

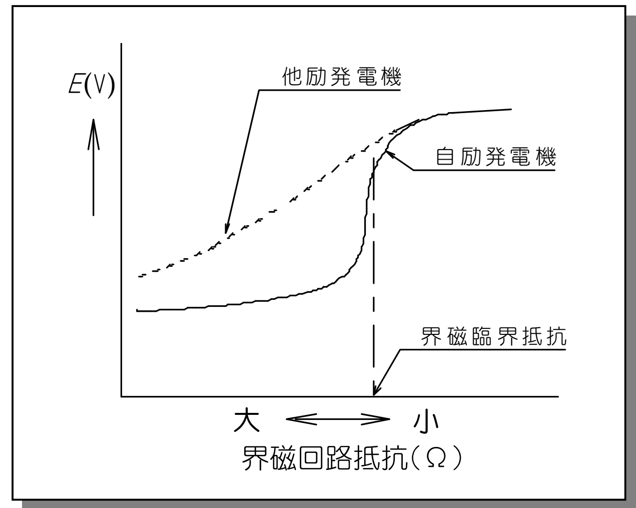
界磁電流 IF(A)	誘導起電力 E(V)	界磁回路抵抗 Rf(Ω)

表 12-2

他励特性

界磁電流 IF(A)	誘導起電力 E(V)	界磁回路抵抗 Rf(Ω)

図 12-1

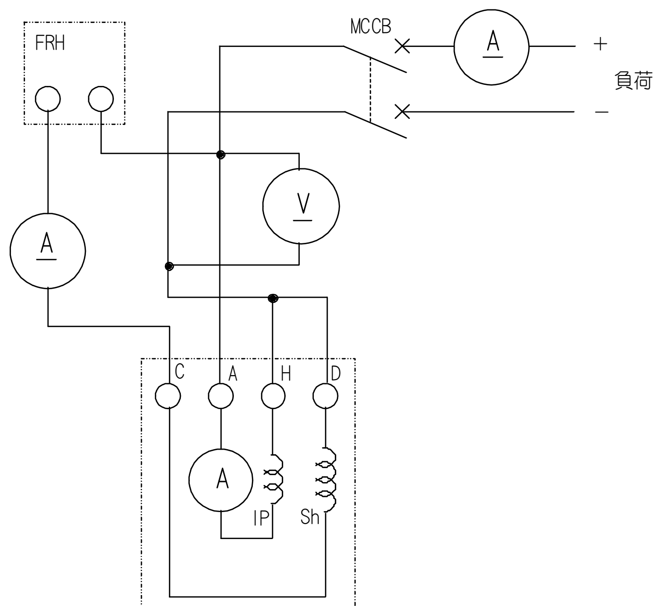


13.直流分巻発電機　[負荷特性試験]

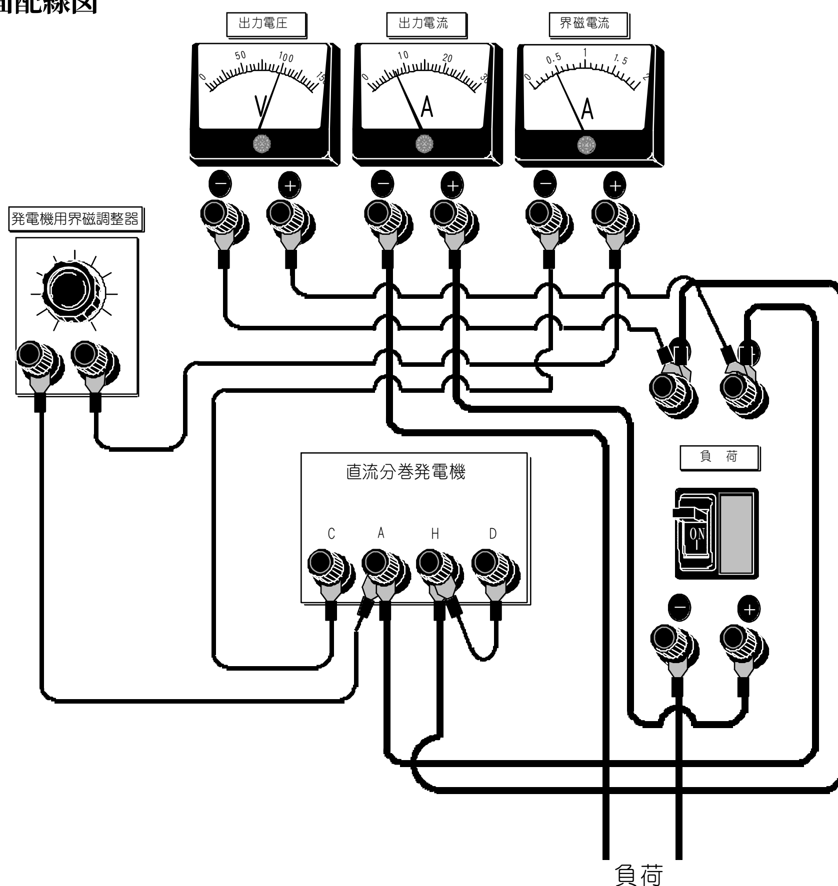
直流発電機の負荷電流 Ia(A)に対する端子電圧 V(V)の変化を求め、その関係を調べます。
直流発電機の電圧降下の主な原因は、電機子巻線抵抗 Ra(Ω)およびブラシ抵抗 Rb(Ω)による電圧降下(Ra＋Rb)･Ia(V)と電機子反作用による誘導起電力 E(V)の減少 Ea(V)があります。
したがって、直流発電機の端子電圧 V(V)は次のようになります。

$$V = E - \{(Ra + Rb) Ia + Ea\}$$

■配線図



■盤面配線図



13.直流分巻発電機　[負荷特性試験]

■実験順序

1．盤面配線図を参考にして結線をします。
2．界磁調整器のハンドルを抵抗最大の位置にします。
3．負荷遮断器が「OFF」になっていることを確認します。
4．電動機を始動し、定格回転速度に調整します。（実験中は、回転速度を一定に保ってください）
5．負荷遮断器を「ON」にします。
6．負荷および発電機用界磁調整器を調整し、定格負荷電流で定格電圧になるようにします。
7．負荷遮断器を「OFF」にし、この時の端子電圧 Vo(V)を記録します。
8．負荷遮断器を「ON」にし、順次負荷電流を変化させ（0～130%負荷くらいまで）この時の負荷電流 I(A)、端子電圧 V(V)、界磁電流 If(A)を表 13-1 に記録します。
9．表 13-1 から図 13-1 を描きます。
10. 電圧変動率を計算します。

$$\text{電圧変動率（\%）}=\frac{\text{無負荷時の電圧 Vo(V)}-\text{定格負荷時の電圧 Vn(V)}}{\text{定格負荷時の電圧 Vn(V)}}\times 100$$

表 13-1

負荷電流 I(A)	端子電圧 (V(V)	界磁電流 If(A)

図 13-1

